

集中開講による物作り授業の実践

著者名(日)	宇田川 真介, 遠藤 洋一, 飯野 明, 小松 秀二, 長島 昶
雑誌名	東京都立産業技術高等専門学校研究紀要
巻	6
ページ	34-41
発行年	2012-03
URL	http://id.nii.ac.jp/1282/00000132/

集中開講による物作り授業の実践

Practice of Educational Design and Production by Intensive Course

宇田川真介¹⁾, 遠藤洋一^{2),3)}, 飯野 明¹⁾, 小松秀二^{2),4)}, 長島 昶²⁾
Shinsuke Udagawa, Youichi Endoh, Akira Iino,
Syuji Komatsu, Masaru Nagashima

Abstract : We performed a intensive course in an elective subject by the workshop seminar of the production for the first time during summer vacation. We open a course in 3 themes every year so far for four years and each theme piles up improvement every year. We let a student choose 1 theme among a velocity of the wind vehicle, the large size paper glider and the stirling engine now. Those themes have personal production or group production, and there is a thing to design originally or production it according to a drawing again, and there is variety. Our students to choose surpass 60% of a class. They learn behaviorally and achieve enough result.

Keywords : Design, Production, Intensive Course

1. はじめに

これまでに前身校航空高専の航空工学科では 1,2 学年で実習^{[1],[2]}があり, その他に物作り課題を授業の中でも展開してきた^[3]. 平成 18 年度の学校の統合により本校が誕生し, ものづくり工学科 8 コースとなり, 新たなカリキュラムによる授業となった. ものづくり工学科共通科目として 1 学年にもものづくり実験実習が行われるようになり, 航空宇宙工学コースでは 2 学年の実習をこれまでの前身校の実習を再編成した. しかし, ものづくり工学科として更にそれを発展させた授業の開講を検討し, 3 学年に製作ゼミナールを新たな科目として設け, 図 1 に示すような流れを構築した. その製作ゼミナール及び現在その中で開講している各テーマについて, その準備段階から現在に至るまでの概要, 製作物, 教育的効果などを報告する.

2. 集中開講

製作ゼミナールは, 当初は前期に週 2 時限の開講で検討を進めたが, 機械工作実習室は, 1 学年のものづくり実験

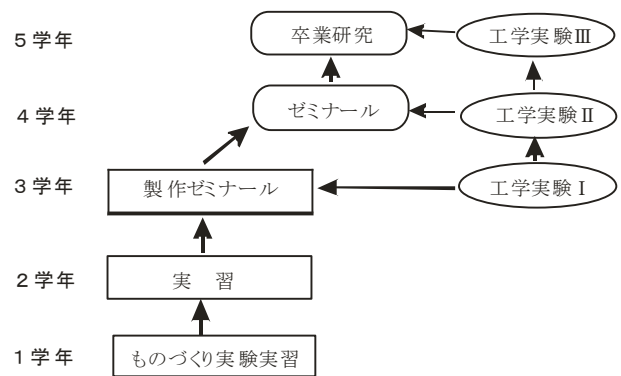


図 1 製作ゼミナールと他の授業との関係

実習及び他コースの授業でも使用することになり, 学級数が少なくなったにもかかわらず, その利用率がこれまでよりも高くなり, 更に 1 週間の開講時間から製作ゼミナールを時間割りに入れることは不可能であることがわかった. また, 必修科目の単位数の制約もあり, その結果として選択科目とし, 夏季休業中の 1 週間の集中開講を実施することにした. これまで前身校では特別な場合を除き, 集中開講は実施していなかった. 本校になって高学年で開講する

1)東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科, 航空宇宙工学コース 2) 同 非常勤講師 3)千葉大学大学院
4)NPO 法人 紙飛行機サイエンス

東京工学は夏季休業中に集中開講で行うことになっていたことから、製作ゼミナールの集中開講も問題なく認められ、その結果、他の授業との施設及び設備の使用調整の問題もなくなった。

開講は、1日6時限を5日間の1週間で行うこととした。最終日の後半は、すべてのテーマの学生が一同に会して成果発表及び実施アンケートを取るようにした。また、夏季休業中は工作機械のメンテナンスを行うことから、それに支障がないように休業中の後半で開講することとした。平成23年度は開講期間が当初の電力使用制限期間内にあったため、電力使用ピークの14時前に終わるように朝8時から行うように計画したが、開講直前で制限解除が1週間早まって、学生は当初の計画どおりを希望したので、ほぼ変わらずに行えた。これも選択科目による学生の意識の高さによるものと考えられる。

しかし、当初は初めて集中開講による選択科目であることから受講する学生が、何名になるか、開講に支障を来さないかなどの危惧が伴った。

3. テーマ設定

本校では実習・実験関係の授業は、原則として4テーマ4教員で担当するようになっており、それに沿って準備を進めた。テーマは、限られた時間、材料及び予算で、航空宇宙工学に関連するか又はこれまでのものを発展させるか、テーマ間で使用する施設及び設備が重複しないか又は調整が可能であるか、可能な限り担当教員が変わっても継続して開講できるように設定する必要もある。しかし、4テーマを揃えることは難しく、更に教員の負担を大きくすることを避けるため、初年度は3テーマ3教員とし、2年目以降は3テーマ4教員で実施するようになった。なお、数種の工作機械を使用するため安全確保の観点から、スターリングエンジンは2名の教員で担当している。これまでの各年度のテーマを表1に、現在のテーマと実習などの関係を図2に示す。

これまでのテーマを形式的に分類すると、次のようになり、実習に比べると多様なものとする事ができた。

(1) 取組む人数

- (a) 個人で製作するもの：風力ピークル
- (b) グループで製作するもの：模型航空機、機械式時計、スターリングエンジン、ジャンボ紙飛行機

(2) 設計・製作方法

- (a) 図面に従って製作するもの：
 - 模型航空機、スターリングエンジン
 - (b) 独自の考えに基づいて製作するもの：
 - 風力ピークル、機械式時計、ジャンボ紙飛行機
- グループで設計・製作するものは、PBL(Project Based Learning)の形態となっていて、今後、他の授業でも取り

表1 製作ゼミナールのテーマ構成

	H. 20	H. 21	H. 22	H. 23
模型航空機	模型航空機	-	-	-
風力ピークル	風力ピークル	風力ピークル	風力ピークル	風力ピークル
機械式時計	-	-	-	-
-	スターリングエンジン	スターリングエンジン	スターリングエンジン	スターリングエンジン
-	-	ジャンボ紙飛行機	ジャンボ紙飛行機	ジャンボ紙飛行機

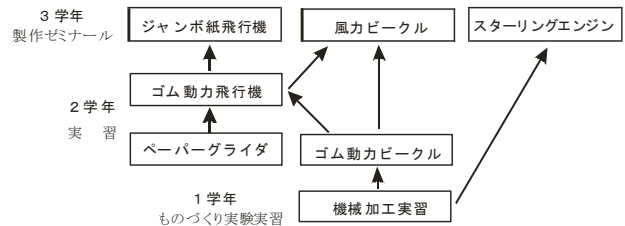


図2 現在のテーマと実習などとの関係

入れる計画になっているが、それよりも先行して実施した事になった。製作ゼミナールでは、テーマによってはこのように新たな授業形態を試みることも可能であり、今後そのような面での活用も考えられる。

授業の到達目標は、内容の多様性も考慮して、次のように設定した。

- ①各テーマの内容を理解し、対象物の作図、加工、製作などができること。
- ②考え方を図、製作物、動きなどとして具現化することができること。
- ③動きや現象を観察し、測定や記録ができること。
- ④内容のまとめができること。

4. 事前アンケート

開講の前年度の平成19年度に授業担当者及びテーマが決まった段階で、初めての授業形態であることから懸念されることを避けること及び学生への周知を目的に、最初に受講することになる2学年の学生に事前アンケートを取った。その結果は次のようなものであった。

- (1) 希望する学生は、クラスの半数程度である。
- (2) 授業時間割に入れた開講を希望する学生が多いが、夏休み中の開講を肯定する学生が1/3に上った。
- (3) もし、学生が費用を一部負担する場合は、¥3,000が上限で、材料及び部品は一括購入を希望している。
- (4) 予定した3テーマには希望する学生があり、ほぼ受け入れられるものと思われた。
- (5) 希望テーマの調整は、抽選が半数を占め、成績順がそれに次いだ。

この結果から、選択科目の集中開講というこれまで行っ

たことがない授業形態が学生に受け入れられると判断し、準備を本格化させた。

5. 現在開講しているテーマ

現在、開講している各テーマの内容は、次のとおりである。

5.1 風力ビークルWV

風力ビークル^[4](以下、WV という。)は、日本機械学会流体工学部門がコンテストを毎年開催しているウィンドカー^[5]と同様なもので、風を動力源として風上に走行するものである。

5.1.1 準備段階 開講に先立って、その難易度及び準備に必要なものを知るために、教員及び4学年の学生で製作を行ってみた。図3の左に示す2学年の実習で製作している輪ゴム動力ビークル^[2](以下、RV という。)を発展させて製作するという設定にしたが、難易度は思っていたよりも高く、学生の自由な発想で全く新たに製作することは時間的に非常に困難であることがわかった。また、当初は製作費用の計算をさせることも考えたが、その場合には材料、部品などの再利用は難しくなり、時間的及び予算的にも厳しくなるため諦め、作業内容及び費やした時間の記録を取らせることに留めることにした。その結果、RV を基に製作を行う形の課題設定を行うことにした。

5.1.2 輪ゴム動力ビークルRV との比較 RV の車輪駆動用の1軸から、図3の右のように風車用の軸を加えた最低2軸に増え、動力伝達、変速及び回転方向の変換が必要となって難易度も高くなる。また、RV を基にしていることからフレームがアルミ合金で質量は小さくないことも難度を高くしている。輪ゴムの強い張力を動力とするRVでは、高いトルクのため容易に駆動させることができ、前進できる程度にまでトルクを低くするような大きな車輪などにより長い距離を走行させることができる。一方でWVはプロペラに代表されるように高回転低トルクの回転を減速してトルクを高める必要があり、小さな車輪を用いることになる。そのようなことから両者は全く逆のような駆動系となる。

5.1.3 工具・材料・部品 工具、材料及び部品は、RV用に用意した物に加えて、模型工作用のプーリー、歯車、プロペラなどの部品を準備し、学生の要求に応じた工具は可能な限りその都度提供するようにした。当初、部品はできるだけ安価な物で種類を揃え、学生自身にも他に必要な物は用意するようにさせている。

5.1.4 走路 走路は、一時期使用されていなかった風洞及び設置してある部屋の利用率の向上も図り、初年度受講学生に協力してもらって、ウィンドカーの走路を参考に図4に示す専用のものを自作した。上部は着脱式にして走路途



図3 輪ゴム動力ビークル(左)・風力ビークル(右)



図4 走路・風洞

中で停止した場合の対処を容易にした。

5.1.5 課題内容 事前課題及び構想を夏休み前に学生へ出し、授業の初めにそれに基づいて輪講のような形で製作上の問題点を明らかにし、構想の実現のためのヒントを与えるようにしている。課題全体の内容は次のとおりである。

(1) 事前課題

- (a) 風から回転運動への変換方法
- (b) 回転運動の伝達、変速方法
- (c) 構想、スケッチ作成

(2) 製作・調整

(3) 扇風機による駆動・走行

(4) 走行コース走行のための直進性確保、壁面接触防止の改良

(5) 走行コース走行、計測(風速、走行時間)

(6) 性能向上策の検討

5.1.6 到達目標 学生が構想するものは、難易度も様々であり、時間的制約から成績評価上の最低到達目標としては風によって車輪を回転させることができるまでとしている。そこまでできれば機構的な問題は解決しており、風車、減速比、車輪直径などの変更、軽量化などによって走行が可能となると考えられるからである。

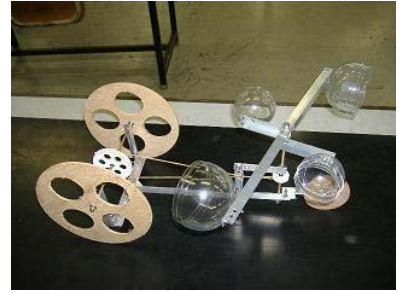
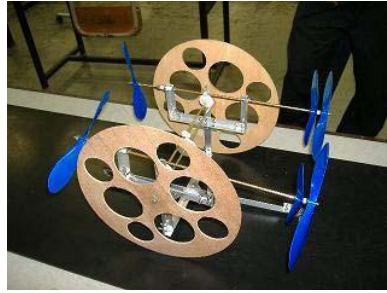


図5 学生が製作した各種の風力ビークル

5.1.7 学生の製作物・性能 事前課題の構想においては、インターネットのホームページに掲載されているウィンドカーの例を書いてくる学生が多いのではないかと危惧したが、そのようなものは意外と見られず、独自に考えて書いてきている。それは製作例を見せないなどの課題の設定によるものか、学生のインターネットの利用の仕方によるものかは不明である。学生が製作した WV の一部を図 5 に示す。

5.1.8 受講レポート 事前課題、スケッチ、製作記録、減速比の算出、走行記録、考察などをまとめて提出させている。それらから回転数とトルクの関係、軸に働くスラストなどを製作を通して、学生は実感していることがわかる。

5.2 ジャンボ紙飛行機

ジャンボ紙飛行機^[6]は、紙を用いて製作された翼幅が2mを超える滑空機である。

5.2.1 課題設定 これまで課外活動、卒業研究などでジャンボ紙飛行機的设计、製作、飛行及び競技会への参加を行ってきて、競技会への参加を目的にしなければ、授業の中でもグループで取組む課題とすることができると考えていたことから、製作ゼミナールのテーマとして取り入れることにした。

学生4名でチームを構成し、機体の設計及び製作を行って、飛行性能(滑空距離及び滞空時間)を計測し、更にその向上を図るものとした。

また、初めての試みとしてエンジニアマインドの醸成の狙いとして、複数のチームをそれぞれ独立した企業とみなし、物作りに必要となるQ(品質)、C(原価)、D(納期)も飛行性能と併せて、競うこととした。

5.2.2 飛行性能評価 飛行性能評価は、機体の大きさを勘案(特に翼幅を重視)し、次の式で評価ポイントを算出する。飛行は2回行い、良い方の評価ポイントを採用する。

$$P=L+T+4b+BL \quad (1)$$

ここで、L：飛行距離(0.1m単位)

T：滞空時間(0.1s単位)

b：主翼の全幅(0.1m単位)

BL：胴体の長さ(0.1m単位)

ただし、L、b、BLは0.1m未満、Tは0.1s未満を切り捨てとす

る。

5.2.3 チーム編成 チームは、受講希望学生で同一の課外活動をしている場合は同一チームとならないようにして、チーム格差が極力できないように教員側であらかじめ編成するようにした。

チーム全員が機体設計及び製作に当たり、次のような役割分担をするようにした。なお、製作分担及び飛行(パイロット)はチーム内で誰が担当しても良いとした。

- (1) リーダ(TL)
- (2) サブリーダー・クオリティマネージャ(QM)
- (3) コストマネージャ(CM)
- (4) デリバリーマネージャ(DM)

5.2.4 事前課題 事前課題は、開発する機体の構想、コンセプト、チーム名、スローガンなどを検討するものを夏休み前に学生へ出している。

5.2.5 ジャンボ紙飛行機の要求仕様

(1) 機体の大きさ 主翼、水平尾翼、垂直尾翼及び胴体で構成される機体であり、次の条件を満たしていること。

(a) 主翼幅：2m 以上

(b) 主翼後縁から水平尾翼前縁までの長さは0.5m以上

(2) 飛行方法 地表面に立つ一人で発進(助走3m以内)させ、滑空距離は15m以上であること。

(3) 材料 翼と胴体の接合及び重心位置調整用の錘以外は紙であること。

(4) その他 安全性を第一に考慮し、更に部品の接合目的以外に接着剤を使用しないこと。さらに、機首及び着地面については、規定する緩衝材を装着することを条件とした。

5.2.6 QCD・プロジェクト管理 物作りの基本となるQCD及びプロジェクト管理も併せて体験的に学習するようにした。

(1) プロジェクト管理 次の事項を実施することにした。

(a) リスクの明確化 本テーマでのプロジェクトでは次のようなリスクが想定されるために、その対策の必要性を事前に意識づけるようにした。

① 納期(飛行性能評価を実施する日時)までに機体が完成しない。

② 飛行性能評価で要求仕様の15mを滑空できない。

③進行の途中において進行を妨げる事態として不具合や手空き、手戻りなどが発生すること。

(b)開発計画の共有 チーム全体で共有する開発報告書及び開発計画書は、全員が共有し、きちんと作業や役割を推進することも必要であり、プロジェクトホルダーにプロジェクト全体の最新の情報を保持し、誰でもいつでも確認できるようにする。

(c)プロジェクト・ミーティング リーダの指示により、毎日、作業着手前と作業終了時点の2回、チーム全員がそれぞれの作業の進捗、問題点及び対処状況を報告し、相互に情報を共有することで、不具合をなくしていく。また、決定事項を明確に記録する。

(2)プロジェクト管理ツール 開発報告書及び開発計画書、材料購入・機材リース申込書及び個人毎に記録、提出するレポートは、開講時に全て配布する。

(3)資材・工具などの原価管理 製作に使用するケント紙、段ボール紙、接着剤類、その他工具及び計測器具類は、すべて単価と共に一覧表にしておき、各チームが必要とするものは、資材購入・借用の形式で記録し、コストマネージャが原価計算を行うようにした。また、併せて作業時間も時間内と時間外に分けて単価を設定し、すべて原価に組み入れ、チームで競う方式とした。

5.2.7 開発プロセス 短期間でジャンボ紙飛行機を開発する必要があるために、次のプロセスを踏むこととした。

(1)概要設計 イメージした機体を設計手順に従い、具現化する。

(2)模型実験 縮尺1/10の模型機を製作及び飛行を行い、最適重心位置を検証し、設計へフィードバックする。

(3)詳細設計 翼及び胴体の構造設計を行う。

(4)プロトタイプ製作 実機の製作を行う。

(5)試験飛行 試験飛行し、重心位置や翼調整を行う。

(6)飛行性能試験 飛行距離及び飛行時間を計測し、公式記録とする。

5.2.8 完成機体・飛行性能評価 本テーマには、平成22年度に3チーム、平成23年度に2チームが参加し、計5機のジャンボ紙飛行機の製作に取り組んだ。これらの機体諸元と飛行性能評価ポイントを表2に示す。

要求仕様の15m以上の飛行距離を満たしたチームはA, D, Eの3チームであるが、いずれも航空機として求められる軽量でかつ十分な剛性を有する機体を実現していることが要因である。ここでは平成23年度のDチームが製作した1/10模型機、主翼の製作段階、飛行を図6～図8に示す。

5.2.9 受講レポート 受講レポートでは、短期間ではあるが学生が自ら構想し、設計、製作、最終の飛行までの工程すべてを体験でき、物作りの面白さに加え、設計どおりに製作する難しさ、プロジェクトマネジメントの大切さ、コミュニケーション及び記録の重要性を認識できたとの意見があった。

表2 完成した機体諸元と飛行性能評価

年度	平成22年度			平成23年度	
	A	B	C	D	E
チーム					
翼幅(m)	2.2	3.0	2.0	2.0	2.5
全長(m)	1.4	2.7	2.5	1.7	1.6
重量(kg)	1.96	2.60	2.42	1.53	1.69
飛行距離(m)	17.9	9.0	11.0	25.0	25.0
滞空時間(秒)	2.5	1.0	1.0	3.5	2.5
飛行性能評価ポイント	30.6	24.7	22.5	38.2	39.1

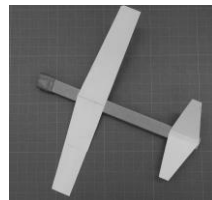


図6 1/10模型機



図7 主翼製作段階



図8 完成した機体の飛行

5.3 スターリングエンジン

スターリングエンジンは外燃機関の一種であり、そのサイクルは理論上カルノーサイクルを実現するものである。多様な熱源を利用可能なことから、新エネルギー開発などに関連して近年着目されているものである。

5.3.1 概略 航空宇宙工学コースの熱力学関連科目の初期段階においては、熱力学第1・第2法則の導入など、他の教科と比較して特に定性的なアプローチが多く、初期段階で躓く学生が毎年若干名存在する。また他の教科との関連についてもイメージを持ち難く、少数の学生にとって理解に苦しむ科目の一つである。しかし、熱力学的アプローチは極めて重要で、学年が進むにつれてその考え方がどの教科でも要求される。その中で熱力学に興味を持たせ、他教科との関連を理解させる事は極めて重要である。

高専の特徴を生かした物作りを通じた授業の展開によって学生の可能性を伸ばすといった観点から、スターリングエンジンを題材として、その製作及び試運転を行うまでを目指すテーマを設定することにした。

5.3.2 製作図面 参考文献[7]に記載されている α 型模型スターリングエンジンを基本にして、製作ゼミナール向けに製作図面を引き直した。製作ゼミナール開講期間中に試運転までを行うことができるよう、機械加工の困難さを可能な限り排除し、加工手順を考慮して合理的かつ効率的な機械加工工程の実現を狙ったものである。そのスターリングエンジンの組立図を図9に示す。

5.3.3 班編成・授業実施形態 本テーマでは、本校所有の工作機械の台数の関係上、受入れ人数を12人に制限して実施している。12人を2人1組で6班に分け、それぞれに同一の図面及び材料を支給して、その図面及び材料から各班で時間的及び経済的に合理性のある加工工程を検討させ、加工、組立及び試運転を行う。安全及び授業の円滑な進行確保の観点から、6班を2名の教員で指導する形態を採っている。

5.3.4 材料・工具・工作機械 材料、工具及び工作機械については、次のとおりである。

(1)材料 ステンレス丸棒、アルミ丸棒、炭素鋼丸板、アルミ平板、ボルト、ナットなどを支給し、加工のミスなどが生じた場合はその都度支給することにした。

(2)工具 加工においてドリル、旋盤用バイト、レンチ、タップなどの必要な工具はすべて6組を準備し、班単位で管理させている。

(3)工作機械 本テーマで扱う工作機械はボール盤、旋盤及びのこ盤である。1学年のものづくり実習で扱い方を学んでいるため、比較的円滑に作業に取り掛かれる。のこ盤に関しては初めてここで扱うため、教員で対応している。授業実施に係る工具及び材料は、教育改善研究費から購入して支給するため、学生の費用負担は一切ない。

5.3.5 工程管理 各班で検討した機械加工から試運転ま

での全体的なスケジュールに対し、時系列で進捗状況を把握させる狙いで、毎回講義開始時に講義ノートを配布してその日の計画を記入させた。また、講義終了時に作業内容や到達度および進捗状況を記入させ、提出を義務付けることで計画どおりに実施する難しさを学習させ、工程管理に対する意識付けの機会としている。

5.3.6 製作物 全6班において、ほぼ当初立案した計画どおりに製作物を完成させた。一部には加工工程の検討が不十分だったために要素部品の作り直しが発生したが、その失敗を講義期間中に各自の製作物にフィードバックしていた。図10に製作物を示す。

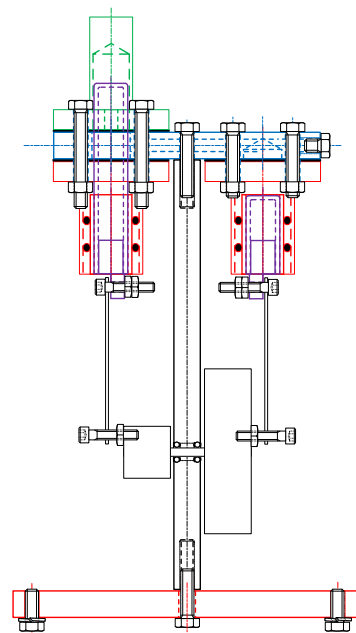


図9 α 型スターリングエンジン組立図

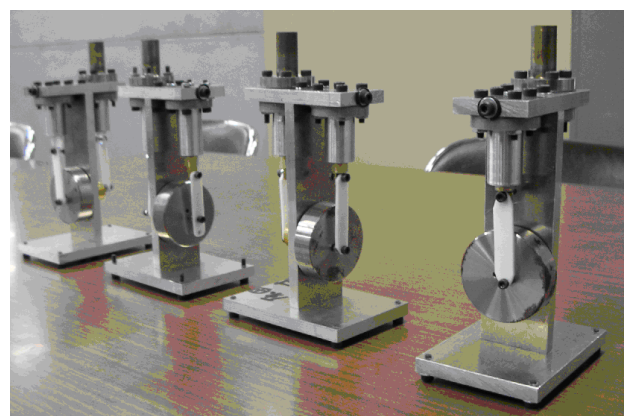


図10 学生製作のスターリングエンジン

6. 実施アンケート

次年度の改善に役立てるために、製作ゼミナール全体及び個々のテーマについて、受講後に実施アンケートを取っている。程度を見るものは、5段階の回答及び自由記入で行った。

これまで4年間の実施アンケートを受講したテーマに関係なく集計した結果は、次のとおりである。なお、内容の程度と製作物の程度については、図面に従って製作するテーマでは重複するようなアンケートになっているが、独自の考えに基づいて製作するテーマがあるために、個々に取るにしたものである。

(1)受講者数は、図11に示すように初年度を除きクラスの学生の6割を超えており、選択科目としても十分な受講者数があり、当初の危惧は払拭されている。

(2)開講方法は、図12に示すように8割以上の学生は集中開講がいいと答え、1週間で集中して一つに事に取り組むことが肯定的に捉えられている。やむを得ず取った開講方法であるが、選択科目ということもあって適切なものであったと考えられる。

(3)内容の程度は、構想、製作、計測、レポートなどのすべてを含んだものについてであり、図13に示すように、やや難解から普通の答えが多くなっている。また、その興

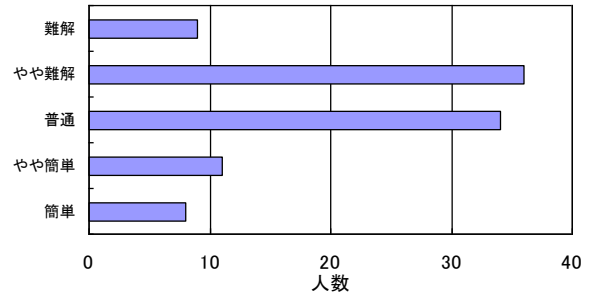


図13 内容の程度

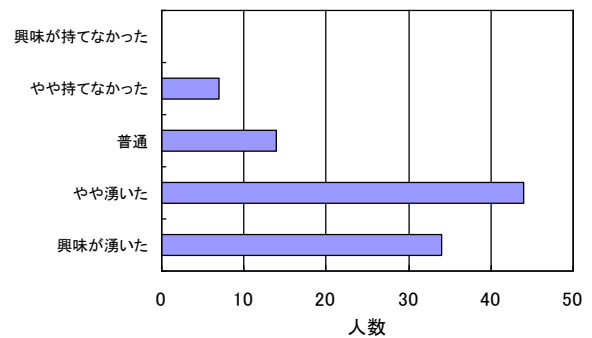


図14 内容への興味

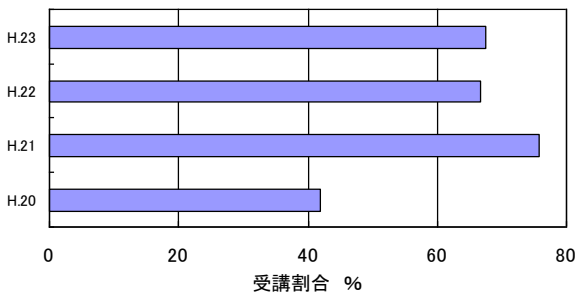


図11 受講者割合

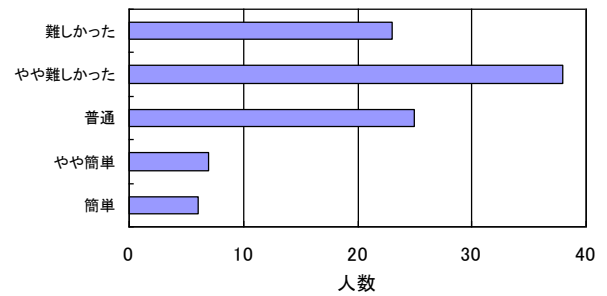


図15 製作物の程度

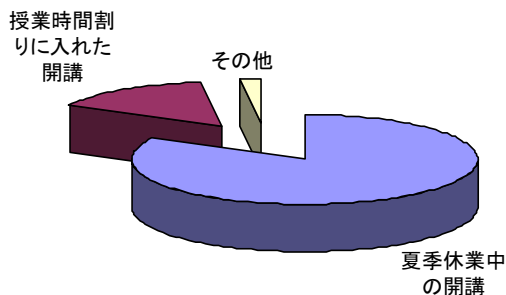


図12 開講方法

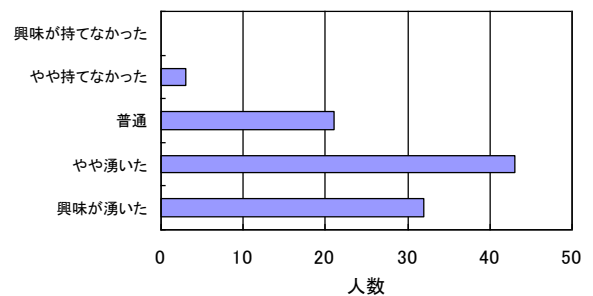


図16 製作物への興味

味は図 14 に示すように、興味が湧いたからやや湧いたという答えが多くなっている。これらから一段階上の内容を取り組ませることができていて、学生の興味は十分に喚起できていると考えられる。

(4) 製作物の程度は、図 15 に示すように、難しかったから普通の答えの間に最大になっており、製作上での難しさを学生は実感していると思われる。その興味は、図 16 に示すように図 14 と同傾向であり、製作物及び製作以外の要素は学生にとって同程度になっていて、釣り合いが取れていると考えられる。いずれでも簡単という回答の多くは初期のテーマで見られ、現在のテーマでは見られない。

(5) 期間は、図 17 に示すように適切という答えが多く、短いという答えは初期に見られたものであり、年度を追う毎に改善を加えることによって、現在ではほとんど見られなくなっている。

(6) 自由記入では、製作した物が動作したときの喜び、改良への意欲などが感じられるものが多い。また、初期のテーマ構成ではテーマ間の格差への不満の記述があったが、現在のテーマ構成ではそのような記述は見られなくなっている。

(7) 製作ゼミナールで希望するテーマには、現在のテーマよりも上位のものほか、ロケット、電気電子的なものなどの現在のテーマが属さない領域のものが多く、今後、授業担当が変更になる場合に検討する必要がある。

(8) 全体として、難しいけれども興味が湧いたという傾向が、はっきりと出ており、学生にとっては授業形態に相応しい十分な内容になっていると判断できる。

7. おわりに

物作り授業を、選択科目で夏休み集中開講というこれまで経験がない授業形態で実施し、次のような結果が得られた。

- (1) 選択科目であることから、学生の取り組む意欲は高く、集中開講であっても問題なく開講することができた。
- (2) 発展させた内容、新たな内容及び形態を実施することができた。
- (3) これまで4年間にわたって開講したことにより、グループで取り組むテーマも実施でき、各テーマの水準がほぼ一定レベルにすることができた。
- (4) 学生は、課題内容が難しいと感じながらも達成感を感じてくれていて、一定の教育効果を挙げることができていると考えられる。
- (5) 時間的な制約から十分でない面もあり、年毎に改善を重ねて行く必要がある。
- (6) 今後、授業を担当する教員の変更の際には、これまでのテーマ以外の分野のものも検討し、多様なテーマの展開をしたい。

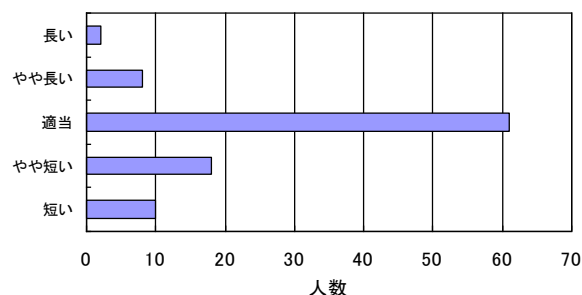


図 17 期間

8. 参考文献

- [1] 飯野, 山田, 諏訪, 相田: 航空工学科における第 1 学年の物作り実習, 東京都立航空工業高等専門学校平成 14 年度研究紀要, No. 40, pp. 37-44, 2003
- [2] 飯野, 山田, 諏訪: 航空工学科における第 2 学年の物作り実習, 東京都立航空工業高等専門学校平成 15 年度研究紀要, No. 41, pp. 57-68, 2004
- [3] 飯野明: 授業課題 “滞空競技用ペーパーグライダー” について, 工学教育, Vol. 56, No. 4, pp. 50-55, 2008
- [4] 飯野明: 製作ゼミナール “風力ビークル”, 第 59 回工学教育研究講演会, 2011
- [5] <http://www.kait.jp/nagare/>
- [6] 小松, 飯野: ジャンボ紙飛行機の設計からフライトまでを実践するワークショップについて, pp. 5-8, 第 16 回スカイスポーツシンポジウム講演集, 2010
- [7] 岩本, 浜口, 平田, 松尾, 戸田: 模型スターリングエンジン, 山海堂, 2000